

Juho Lehtimäki

# **AUTOMAATIOSTA JA SEN VAIKUTUKSISTA TYÖLLISYYTEEN**

Informaatioteknologian ja viestinnän tiedekunta  
Kandidaattitutkielma  
Lokakuu 2019

# TIIVISTELMÄ

Juho Lehtimäki: Automaatiosta ja sen vaikutuksista työllisyyteen  
Kandidaattitutkielma  
Tampereen yliopisto  
Tietojenkäsittelytieteiden tutkinto-ohjelma  
Lokakuu 2019

---

Tämän kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on antaa lukijalle peruskäsitys siitä, mitä automaatio on ja miten se vaikuttaa työllisyyteen nyt ja mahdollisesti tulevaisuudessa. Teknologian nopean kehityksen seurauksena tässä tutkielmassa analysoidaan ainoastaan muutaman viime vuoden (2017-2019) aikana julkaistuja artikkeleita ja tutkimuksia automaatiosta ja sen vaikutuksesta työllisyyteen.

Tutkielmassa esitellään myös tärkeitä automaation hyödyntämiä teknologioita, jotta saadaan mahdollisimman kattava kokonaiskuva siitä, mitä on mahdollista automatisoida ja mitä tulevaisuudessa tullaan mahdollisesti automatisoimaan. Tutkimuksessa todetaan automaation olevan pitkään käytetty teknologia, joka on mahdollista ottaa käyttöön yhä useammassa työtehtävässä tekoälyn, robotiikan ja koneoppimisen nopean kehityksen seurauksena.

Avainsanat: automaatio, tekoäly, robotiikka, koneoppiminen, työllisyys.

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Tärkeät käsitteet .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Automaatioista .....</b>	<b>3</b>
3.1	Automaation historiasta	3
3.2	Automaation käyttöönotosta	4
3.3	Mitä voidaan automatisoida	6
3.4	Mitä ei voida automatisoida	7
<b>4</b>	<b>Automaation vaikutuksesta työllisyyteen .....</b>	<b>9</b>
4.1	Automaatio vaikuttaa eri tavalla eri sektoreihin	10
4.2	Automaation vaikutuksia työllisyyteen	11
4.3	Ennustuksia automaation vaikutuksesta	12
<b>5</b>	<b>Yhteenveto .....</b>	<b>14</b>
	<b>Viiteluettelo .....</b>	<b>15</b>

## 1 Johdanto

Termistä automaatio tulee usealle ensimmäisenä mieleen robotit tehtaiden liukuhihnoilla, mutta termi pitää kuitenkin sisällään paljon enemmän kuin se helposti antaa ymmärtää. Automaatio on pitkään käytössä ollut teknologia, joka on yhä laajemmin nähtävissä jokapäiväisessä arjessamme esimerkiksi itsepalvelukassojen muodossa.

Automaatio ei ole teknologiana uusi ilmiö ja sitä pyritty hyödyntämään vuosisatojen ajan, jonka seurauksena se on ollut pitkään tutkimuksen kohteena. Yleisesti se on koettu positiivisena asiana, mutta sen mahdolliset vaikutukset työllisyyteen ovat myös välillä aiheuttaneet huolia työpaikkojen vähenemisestä. Teknologioiden, kuten tekoälyn, robotiikan ja koneoppimisen kehittyessä yhä pidemmälle, keskustelut automaation vaikutuksesta työllisyyteen ovat nousseet jälleen esille. Nämä teknologiat mahdollistavat yhä useamman ennen liian vaikeina pidettyjen työtehtävien automatisoinnin. Tämän seurauksena automaatio voidaan nähdä korvaamassa yhä useampaa työtehtävää eri sektoreilla, eikä se rajoitu enää vain tuotantoon, teollisuuteen, maatalouteen tai rutiinin omaisiin työtehtäviin. Etenkin tekoälyn kehittyessä entistä pidemmälle, ennen ihmisen päätöksentekoa ja kokemusta vaativat työtehtävät on mahdollista automatisoida osittain [Siau ja Wang 2017].

Automaation vaikutusta työllisyyteen voidaan tarkastella monesta eri näkökulmasta. Pahimmillaan automaation uskotaan aiheuttavan massatyöttömyyttä [Vermeulen *et al.* 2018], mutta toisesta näkökulmasta tarkasteltaessa se nähdään työkaluna työntekemiseen, joka mahdollistaa vaarallisten ja yksinkertaisten työtehtävien automatisoinnin [Smith *et al.* 2018].

Tämä kirjallisuuskatsaus on tehty muutaman viime vuoden (2017-2019) aikana kirjoitettujen artikkelien ja tutkimuksien perusteella. Hakuja on tehty yhdistelemällä hakutermejä ja boolean operaattoreita seuraavasti: ”automation AND employment”, ”automation AND jobs” ja ”impact of automation on employment”. Lähteitä on etsitty tietokannoissa: Andor, IEEEExplore, Sciencedirect, Google Scholar ja Springer. Lähteiden hakemiseen on myös käytetty helmenkasvatus-hakumenetelmää, jonka avulla on löydetty usein lähteinä käytetyt Manyikan ja muiden kirjoittamat artikkelit.

Tässä kirjallisuuskatsauksessa tutustutaan automaation, sen hyödyntämiin teknologioihin ja siihen, miten se vaikuttaa ja tulee mahdollisesti vaikuttamaan

työllisyyteen. Tutkielman toisessa luvussa avataan tutkielman kannalta tärkeät käsitteet: automaatio, tekoäly, robotiikka ja koneoppiminen. Kolmannessa luvussa käsitellään automaatiota tarkemmin, käydään pikaisesti läpi sen historiaa ja pureudutaan siihen, mitä on automatisoitu ja mitä voidaan automatisoida. Neljännessä luvussa tarkastellaan automaation vaikutusta työllisyyteen ja esitellään tutkimustulokset. Viidennessä luvussa yhteenveto.

## 2 Tärkeät käsitteet

Seuraavaksi avataan käsite automaatio ja sen hyödyntämiä teknologioita: tekoäly, robotiikka ja koneoppiminen, jotta on helpompi muodostaa kokonaiskuva automaatioista. Teknologiat ovat tärkeä osa automaatioita, koska ne mahdollistavat yhä useamman ja monimutkaisemman työtehtävän automatisoinnin.

**Automaatio** (automation) käsitteellä viitataan usein laitteen tekemään työhön tai työtehtävään, jonka ihminen teki aikaisemmin [Oxford 2019]. Automaatio on systeemi tai teknologia, joka mahdollistaa työtehtävän suorittamisen ilman ihmisen apua [Vermeulen *et al.* 2018]. Yksinkertaisimmillaan automaatiota esiintyy tuulimyllyjen ja vesivoimaloiden muodossa.

**Robotiikka** (robotics) on teknologia, jonka avulla kehitetään laitteita, niin sanottuja robotteja, jotka voivat jäljitellä ihmisen tekemiä liikkeitä [Siau ja Wang 2017]. Yleisesti robotiksi mielletään laite, joka pystyy suorittamaan erilaisia työtehtäviä ilman ihmisen apua. Tyypillisesti robotteja käytetään suorittamaan rutiininomaisia työtehtäviä esimerkiksi teollisuudessa, mutta sensoreiden ja tekoälyn kehittyessä myös ei-rutiininomaiset työtehtävät ovat mahdollisia [Frey ja Osbourne 2013]. International Federation of Robotics [2017] jakaa raportissaan robotit kolmeen eri kategoriaan:

- **Palvelurobotit** ovat robotteja, jotka voivat suorittaa hyödyllisiä tehtäviä, poissulkien teollisuus.
- **Henkilökohtaiset palvelurobotit** ovat robotteja, jotka ovat suunniteltu ei-kaupalliseen käyttöön avustamaan ihmistä.
- **Ammattimaiset palvelurobotit** ovat robotteja, jotka on suunniteltu kaupalliseen tehtävään ja joita yleensä valvoo ihminen.

**Tekoäly** (artificial intelligence) on tieteenala, joka keskittyy tutkimaan ja kehittämään älykkäitä järjestelmiä, jotka pyrkivät toimimaan erilaisissa tilanteissa ihmisen tavoin.

Tekoälyssä hyödynnetään algoritmeja, jotka auttavat tietokoneita huomaamaan erilaisia kuvioita ja luomaan arvattavia malleja ilman niiden ohjelmoimista [Smith *et al.* 2018].

Tekoäly on käsitteenä laaja ja vaikeasti selitettävissä, mutta lyhyesti se tarkoittaa järjestelmän toimimista ihmismäisesti ja itsenäisesti yllättävissäkin tilanteissa. Tekoälyä hyödynnetään roboteissa ja se mahdollistaa yhä kehittyneempien robottien kehittämisen.

**Koneoppiminen** (machine learning) on tekoälyn osa-alue, jonka tarkoituksena on opettaa ohjelmisto toimimaan ja oppimaan automaattisesti. Koneoppimisessa järjestelmää opetetaan suurien data määrien avulla, usein hyödyntämällä big dataa. Tämän seurauksena järjestelmä oppii tunnistamaan kuvioita datoissa ja toimimaan erilaisissa tilanteissa itsenäisesti. Koneoppimisen ansioista järjestelmän on mahdollista tehdä ennustuksia ja päätöksiä ilman sen erikseen ohjelmoimista toimimaan erilaisissa tilanteissa hyödyntäen ohjelmoinnissa käytettyjä sääntöjä [Siau ja Wang 2017]. Tätä hyödynnetään erityisesti trendien ja erilaisten diagnosointien parissa terveydenhuollossa.

### 3 Automaatioista

Tässä luvussa käsitellään lyhyesti automaation historiaa, automaation käyttöönottoa ja pohditaan, mitä voidaan automatisoida ja mitä ei.

#### 3.1 Automaation historiasta

Automaatio ei ole uusi teknologia, sillä ihmisillä on ollut kautta aikojen tarve kehittää uusia työkaluja ja teknologioita helpottamaan työntekoa. Osalla näistä teknologioista on ollut suuria vaikutuksia ihmiskuntaan ja työllisyyteen, hyvänä esimerkkinä höyrykoneet ja sähkö [Muro *et al.* 2019]. Automaation päällimmäisenä tarkoituksena on saavuttaa parempi laatu alhaisemmilla työvoimakustannuksilla [Muro *et al.* 2019]. Historiallisesti automaatio on vapauttanut ihmisiä tekemään toisenlaisia työtehtäviä tai luonut uusia. Maatalouden ja teollisuuden vallankumoukset 1800- ja 1900-luvulla ovat hyviä esimerkkejä ajasta, jolloin automaatiota otettiin käyttöön laajasti [Muro *et al.* 2019]. Yhtenä automaation isoimmista harppauksista pidetään automaattisia liukuhihnoja, jotka Ford Motor Company otti tehtaissaan käyttöön vuonna 1913. Liukuhihnojen ansioista autojen valmistamiseen kulunut aika tippui radikaalisti [Manyika *et al.* 2017b].

Ensimmäisen teollisen vallankumouksen aikana otettiin käyttöön höyrykoneet, jotka mahdollistivat manuaalisen työn automatisoinnin. Manuaaliset työt automatisoitiin ja monet maataloustyöt korvattiin koneilla. Toisen teollisen vallankumouksen

johdattamana siirryttiin massatuotantoon sähkön ja parantuneen automatisoinnin ansiosta. Kolmas teollinen vallankumous paransi automatisointia entisestään hyödyntämällä kehittyntä elektroniikkaa ja tietotekniikkaa. [Siau ja Wang 2017]

Teknologian nopean kehityksen seurauksena tutkimuksissa puhutaan alkavasta uudesta automaation aikakaudesta, josta käytetään nimitystä teollinen vallankumous 4.0 [Rajnai ja Kocsis 2017] tai tekoälyn johdattama automaatio [Smith *et al.* 2018]. Tällä tarkoitetaan automaation leviämistä yhä useammalle sektorille, eikä se rajoitu enää vain manuaalisiin työtehtäviin tuotannossa, teollisuudessa ja maataloudessa. Neljännessä teollisessa vallankumouksessa koneet kilpailevat ihmisten kanssa myös kognitiivisia taitoja vaativissa työtehtävissä hyödyntäen tekoälyä, robotiikkaa ja koneoppimista [Siau ja Wang 2017].

### **3.2 Automaation käyttöönotosta**

Teknologian kehittyessä automaation mahdollisuudet nousevat, mutta sen käyttöönotto ei kuitenkaan ole itsestäänselvyys. Manyikan ja muiden [2017a] raportin mukaan automaation käyttöönottoon täydellä teholla tulee kuluvan vuosikymmeniä ja siihen vaikuttavan viisi eri tekijää.

Tekninen soveltuvuus, sillä teknologia on keksittävä, integroitava ja mukautettava ratkaisuihin, jotta on mahdollista automatisoida tietyt toiminnot. Koneiden käyttöönotto työpaikalla voidaan aloittaa vasta, kun koneet saavuttavat vaaditun suorituskyvyn niille tarkoitetussa työtehtävässä. Vaikka koneet pystyvät jo samaan kuin ihmiset tai parempaan, vaativat ne silti vielä teknistä kehitystä. Erityisesti luonnollisen kielen ymmärtämisen kehittyminen voisi lisätä automaation mahdollisuuksia monessa eri työpaikassa. Tyypillisiä työtehtäviä varten vaaditaan samanaikaisesti useita ominaisuuksia, kuten havaitsemista ja liikkumista. [Manyika *et al.* 2017a]

Laitteistoratkaisut vaihtelevat tavallisista tietokoneista erittäin suunniteltuihin sovelluskohtaisiin laitteistoihin, kuten robotteihin, jotka koostuvat useista liikkuvista osista. Kameroita ja antureita tarvitaan kaikkeen mahdolliseen toimintaan, jotka vaativat havainnointia, kun taas liikkuvuus vaatii pyöriä ja muuta laitteistoa. Tällaiset ominaisuudet lisäävät kustannuksia verrattuna yleiskäyttöiseen laitteistoalustaan. Käyttöönottoa varten laitteisto vaatii merkittäviä investointeja, joten automaation käyttöönotolla on korkeat lähtökustannukset palkkoihin verrattuna. Ohjelmistoratkaisulla sen sijaan on yleensä minimaaliset lähtökustannukset, joten ne on mahdollista ottaa

käyttöön aikaisemmin. Ajan myötä laitteisto- ja ohjelmointikustannukset vähenevät, mikä tekee ratkaisusta kilpailukykyisiä ihmistyövoimaan verrattuna yhä useammassa työtehtävässä. [Manyika *et al.* 2017a]

Ihmistyövoiman laatu, määrä, tarjonta, kysyntä, ja kustannukset vaikuttavat siihen, mitkä toiminnot automatisoidaan. Työtehtäviä, jotka voitaisiin automatisoida ei välttämättä automatisoida, koska ihmistyövoiman ollessa halpaa, ei välttämättä ole kannattavaa automatisoida kaikkia työtehtäviä. Valmistukseen automaatio otetaan todennäköisesti käyttöön nopeammin maissa, joissa on korkeat valmistumispalkat kuin kehitysmaissa, joissa palkat ovat alhaisempia. Lisäksi automaation vaikutukset voivat olla vuorovaikutuksessa työmarkkinoiden taidon ja tarjonnan kanssa. [Manyika *et al.* 2017a]

Työvoimakustannussäästöjen lisäksi automaation liittyvä liiketoimintatapa voi mahdollistaa yrityksen suorituksen paranemisen, kuten suuremman suorituskyvyn, suuremman tuotannon, paremman turvallisuuden ja korkeamman laadun. Automaation käyttöönotto liikenteessä ja kuljetuksessa vähentäisi työvoimakustannuksia, mutta parantaisi myös turvallisuutta, koska suurin osa liikenneonnettomuuksista johtuu ihmisten tekemistä virheistä. [Manyika *et al.* 2017a]

Jopa silloin, kun automaation käyttöönotto on liiketoiminnan kannalta järkevää, automaation käyttöönottoon vaikuttavat tekijät, kuten lainsäädäntö ja käyttäjien reaktiot. Teknologian omaksuminen ei tapahdu yhdessä yössä. Pääomasijoitusten siirtäminen uusiin teknologioihin vie aikaa samoin kuin organisaatioprosessien ja käytäntöjen mukauttaminen uuteen käyttöönotettavaan teknologiaan. Toimitusketjujen ja ekosysteemien uudelleenmäärittäminen voi olla työlästä, ja säännöksiä on joskus muutettava. Poliitiikka voi hidastaa teknologian omaksumista ja erilaiset yritykset ottavat tekniikoita käyttöön eri nopeudella. Myös työntekijöiden kouluttaminen uusiin työtehtäviin vie aikaa. Automaation tapauksessa ihmiset voivat tuntea olonsa epämukavaksi uudessa maailmassa, jossa koneet korvaavat heidän asemaansa intiimeissä tilanteissa, kuten sairaaloissa tai tilanteissa, joissa koneiden uskotetaan tekevän elämää ja kuolemaa koskevia päätöksiä, kuten esimerkiksi liikenteessä. [Manyika *et al.* 2017a]



### 3.3 Mitä voidaan automatisoida

Useimpien asiantuntijoiden mukaan toistuvat fyysiset tehtävät ja tiedonkäsittely ovat helpoimmin automatisoitavissa. Tekoälyn kehityksen seurauksena on vaikea arvioida, mitä kaikkea voidaan automatisoida tulevaisuudessa. [IFR 2017]

Tyypillisesti automaatio on vaikuttanut erityisesti valmistukseen, teollisuuteen ja maatalouteen, joissa suurin osa työtehtävistä on koostunut fyysisistä ja rutiininomaisista tehtävistä ennustettavissa olevassa ympäristössä [Manyika *et al.* 2017b]. Näitä työtehtäviä on pyritty automatisoimaan pitkälle ja robotit ovat tehtaissa arkipäivää. Robotiikan kehittyessä robotit voivat ottaa tehtäväkseen myös ei-rutiininomaisia työtehtäviä tuotannossa [Frey ja Osbourne 2013].

Automaation mahdollisuudet kasvavat teknologian kehittyessä pidemmälle. Tekoälyn, robotiikan ja koneoppimisen nopea kehitys mahdollistavat ihmisten kognitiivisten taitojen jäljittelemisen ja täten yhä useamman työtehtävän automatisoinnin. Esimerkkeinä terveydenhuolto, kuljetus, koulutus, oikeusasiat ja talous. Tämän seurauksena automaation nähdään vaikuttavan yhä useampaan työtehtävään, eikä enää vain vähäpalkkaisiin. Työtehtäviin tulee kuulumaan myös kognitiivista ja manuaalista taitoa vaativia tehtäviä. Asiantuntijat ovat yhä sieltä mieltä, että työn tulisi olla rutiininomaista, jotta se voitaisiin automatisoida. [Hamid *et al.* 2017]

Koneoppimisen ja big datan seurauksena tietokoneet voivat laskea suuria laskuja ja tunnistaa datassa esiintyviä kuvioita paremmin kuin ihmiset. Esimerkiksi päätöksiä tehdessä algoritmit voivat olla tarkempi kuin esimerkiksi tuomari lounastauon jälkeen. Lakiyritykset voivat skannata tuhansia artikkeleita valmistautuessaan oikeudenkäyntiin. Mittarit pelloilla ja kulkuneuvoissa mahdollistavat tiedon saamisen automaattisesti. Sensoreiden asentamisella voidaan vähentää virkavallan tarvetta. Käyttöliittymien kehittymisen myötä myös tiettyjen työtehtävien automatisoinnin esimerkiksi opetustehtävissä on mahdollista. [Frey ja Osbourne 2013]

Tekoälyä hyödynnetään diagnosoimaan sairauksia entistä tarkemmin ja estämään virheiden tapahtumista diagnosoiteja tehdessä. Johns Hopkinsin yliopistossa kehitetty robotti (STAR) on osoittanut pystyvänsä tekemään tarkempia leikkauksia ja vahingoittamaan vähemmän ympäröivää kudosta kuin ammattilaiskirurgit. [Smith *et al.* 2018]

Kuljetusalalla automaatio on vielä ollut vähäistä, mutta teknologian kehittyessä, erityisesti tekoälyn, itseajavat autot ovat mahdollista ottaa käyttöön lähitulevaisuudessa ja hyödyntää niitä kuljetuksessa [Frey ja Osbourne 2013]. Myös esimerkiksi maailman suurin verkkokauppa Amazon on lanseerannut ohjelman Amazon Prime Air, jonka tarkoituksena on toimittaa kuluttajille tilauksia hyödyntäen droneja eli miehittämättömiä ilma-aluksia [Amazon 2019].

Varastointialalla suurin osa työtehtävistä koostuu fyysisistä ja rutiininomaisista tehtävistä, jotka ovat pitkälti automatisoituja ja joita tullaan automatisoimaan yhä pidemmälle robottien kehittyessä [Manyika *et al.* 2017a].

Finanssipuolella tekoäly mahdollistaa finanssiasioita koskevien tietojen automaattisen prosessoinnin. Vaikka algoritmit eivät vielä mahdollista työn kokonaan automatisointia, vapauttavat ne ihmisiä toisenlaisiin tehtäviin. Suunta on kuitenkin selvä, automaatio on leviämässä kognitiivisia taitoja vaativiin työtehtäviin. [Frey ja Osbourne 2013]

### **3.4 Mitä ei voida automatisoida**

Teknologian kehittyessä on vaikea arvioida, mitä työtehtäviä ei ole mahdollista automatisoida. Seuraavaksi esittelen muutaman alueen, joiden automatisointia pidetään vaikeana tai lähes mahdottomana lähitulevaisuudessa.

Robotit eivät pysty vastaamaan ihmiskäsityksen syvyyttä ja laajuutta. Vaikka geometrinen perustunnistus on kohtuullisen pitkälle kehittynyttä hienostuneiden anturien ja lasereiden nopean kehityksen ansiosta, monimutkaisemmille havainnointitehtäville, kuten esineiden ja niiden ominaisuuksien tunnistamiselle sotkuisessa näkökentässä on edelleen merkittäviä haasteita. Rakenteettomaan työympäristöön liittyvät työtehtävät voivat tehdä töistä vähemmän alttiita automaatiolle. Esimerkiksi suurin osa kodeista on rakenteettomia edellyttäen useiden epäsäännöllisten esineiden tunnistamista ja sisältäen monia sotkuisia tiloja, jotka estävät pyörillä varustettujen esineiden liikkuvuutta. Päinvastoin supermarketit, tehtaات, varastot, lentokentät ja sairaalat ovat suunniteltu suurille ja pyörillä varustetuille esineille, mikä on helpottanut robottien navigointia suorittaessaan ei-rutiininomaisia manuaalisia tehtäviä. Havainnointiongelmat voidaan kuitenkin joskus ohittaa järkevällä suunnittelulla. Esimerkiksi Kiva Systems ratkaisi varastonavigoinnin ongelman asettamalla viivakooditarrat lattialle tiedottamaan roboteille niiden tarkan sijainnin. [Frey ja Osbourne 2013]

Luovuuden taustalla olevia psykologisia prosesseja on vaikea eritellä. Luovuus on kyky keksiä ideoita tai esineitä, jotka ovat uusia ja arvollisia. Laajemmassa mielessä ideoita ovat käsitteet, runot, musiikilliset sävellykset, tieteelliset teoriat, ruoanlaittoreseptit ja vitsit, kun taas esineet ovat esimerkiksi maalauksia, veistoksia, koneita ja keramiikkaa. Yksi ideoiden luomisprosessi sisältää tuntemattomien yhdistelmien tekemisen tutuista ideoista, mikä vaatii tietämystä. Tässä haasteena on löytää luotettavia tapoja päästä yhdistelmiin, jotka ovat järkeviä. Esimerkiksi tietokoneen tekemä hienovarainen vitsi edellyttäisi suurta tietokantaa, joka olisi verrattavissa ihmisen tietämykseen ja vaatisi erilaisia siihen suunniteltuja algoritmeja. Periaatteessa tällainen luovuus on mahdollista, ja joitain lähestymistapoja luovuuteen on jo olemassa. Taiteellisen luovuuden suhteen piirustusohjelma AARON on tuottanut tuhansia viivapiirroksia, joita on esitelty gallerioissa ympäri maailmaa. David Copen EMI-ohjelmisto säveltää musiikkia monilla eri tyyleillä muistuttaen tiettyjä tunnettuja säveltäjiä. Näissä ja monissa muissa sovelluksissa uutuuden luominen ei ole erityisen vaikeaa. Sen sijaan suurin este luovuuden automatisoimiselle on arvojen määrittäminen riittävän selkeästi, jotta ne olisi mahdollista ohjelmoida. Lisäksi ihmisten arvot muuttuvat ajan myötä ja vaihtelevat eri kulttuurien välillä. Koska luovuuteen ei määritelmän mukaan liity vain uutuutta, vaan myös arvoja, jotka voivat olla hyvin vaihtelevia, seuraa, että monet luovuutta koskevat väittelyt perustuvat erimielisyyksiin arvoista. Vaikka pystyisimme tunnistamaan ja ohjelmoimaan luovia arvoja, jotta tietokone pystyisi seuraamaan omaa toimintaansa järkevästi, syntyisi väittelyitä siitä oliko tietokone luova vai ei. Jollei teknisiä ratkaisuja tämän ongelman ratkaisemiseksi ole, vaikuttaa epätodennäköiseltä, että luovaa älykkyyttä vaativat tehtävät pystyttäisiin automatisoimaan tulevana vuosikymmeninä. [Frey ja Osbourne 2013]

Ihmisen sosiaalinen älykkyys on tärkeä monissa työtehtävissä, kuten neuvotteluissa, vakuuttamisessa ja hoito- ja sosiaalialan työtehtävissä. Tällaisten työtehtävien automatisoimiseksi tehdään jatkuvasti tutkimusta. Algoritmit ja robotit voivat tällä hetkellä toistaa joitakin ihmisen sosiaalisen vuorovaikutuksen piirteitä, mutta ihmisen luonnollisen tunteen tunnistaminen reaaliajassa on edelleen suuri haaste ja kyky reagoida siihen älykkäästi on vielä vaikeampaa. Jopa yksinkertaistettujen versioiden tyypilliset sosiaaliset tehtävät osoittautuvat liian vaikeiksi tietokoneille tapauksissa, joissa sosiaalinen vuorovaikutus pelkistettiin puhtaaseen tekstiin. Algoritmien sosiaalisen älykkyyden määrää voidaan mitata Turingin testillä, jossa testataan koneen kykyä

kommunikoida ihmisen tavoin. Tähän mennessä tietokoneet eivät vielä ole päässyt lähellekään ihmisten tasoa testissä. Aivojen emulointi, skannaus, kartoitus ja digitalisointi on yksi mahdollinen tapa saavuttaa tämä, mutta tällä hetkellä se on vain teoreettinen tekniikka. [Frey ja Osbourne 2013]

Lyhyesti sanottuna, vaikka kehittyneet algoritmit ja teknologiat sallivat monen eirutiininomaisen työtehtävän automatisoinnin, ammatit, joihin liittyy monimutkaisia havainnointitehtäviä, luovan älykkyyden tehtäviä ja sosiaalisen älykkyyden tehtäviä ovat epätodennäköisiä joutua automatisaation kohteeksi seuraavan parin vuosikymmenen aikana. Esimerkiksi astianpesukoneen vaatima vähäinen sosiaalinen älykkyys tekee tästä työtehtävästä alttiimman automatisaatiolle kuin esimerkiksi suhdetoiminnan asiantuntija. [Frey ja Osbourne 2013]

#### **4 Automaation vaikutuksesta työllisyyteen**

Huolet työtehtävien automatisoinnista ja sen myötä työpaikkojen häviämisestä juontavat juurensa vuosisatoja taaksepäin, jopa ennen teollisia vallankumouksia 1700- ja 1800-luvuilla. Huolien seurauksena Yhdysvaltain presidentti Lyndon Johnson valtuutti kansallisen teknologian, automaation ja taloudellisen kehityksen toimikunnan tutkimaan automaation vaikutusta työllisyyteen 1960-luvulla, joka päättyi tulokseen, että teknologia tuhoaa työpaikkoja muttei työtä. Teknologian nopean kehityksen seurauksena huolet sen vaikutuksista ovat kuitenkin nousseet uudestaan esille. [Manyika *et al.* 2017b]

Automaatiolla on vaikutuksia työn organisointiin, suoritettujen töiden tyyppiin, tarvittaviin taitoihin sekä suoritettuihin tehtäviin ja työtoimiin. Automaatio vaikuttaa yleensä pääosin rutiininomaisiin työtehtäviin ennustettavissa olevissa ympäristöissä, joita yleisesti tekevät keskipalkkaiset henkilöt. Automaatio voi myös täydentää kognitiivisia taitoja vaativia työtehtäviä, joita tekevät yleensä paremmin palkatut ja kouluttautuneet henkilöt. Työtehtäviä, jotka suoritetaan arvaamattomassa ympäristössä ei ole vielä mahdollista automatisoida. Myös työtehtävät, jotka vaativat havainnointikykyä, fyysisiä taitoja, luovuutta ja sosiaalisia taitoja ei ole mahdollista automatisoida, ja siksi automaatio ei välttämättä syrjäytä heikosti koulutettuja. [Vermeulen *et al.* 2018]

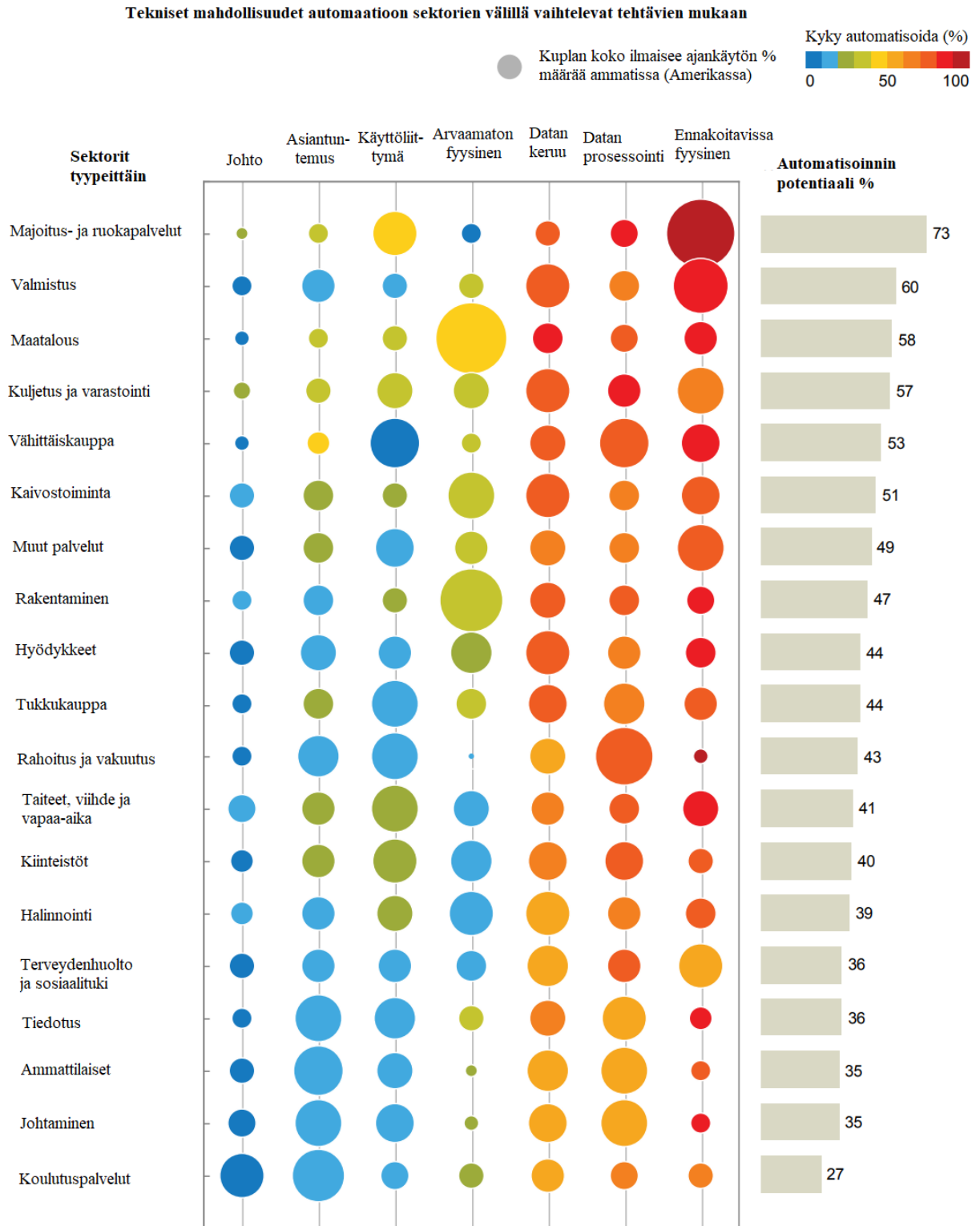
Automaation vauhti ja laajuus, ja siten sen vaikutukset työntekijöihin vaihtelevat keskenään. Työntekijät jatkavat työskentelyä koneiden rinnalla ja erilaiset työtehtävät

automatisoidaan. Työtehtävät, jotka automatisoidaan ensimmäisenä ovat ennustettavia fyysisiä työtehtäviä esimerkiksi tuotannossa ja teollisuudessa. Eniten automaatio tulee vaikuttamaan keskiluokassa työskenteleviin. [Manyika *et al.* 2017a]

#### **4.1 Automaatio vaikuttaa eri tavalla eri sektoreihin**

Automaation on ennen pitkälti vaikuttanut sektoreihin, joissa työtehtävät koostuvat pitkälti ennakoitavissa olevista fyysisistä tehtävistä. Kuvassa 1 voidaan tarkastella automaation vaikutusta eri sektoreihin. Kuvan perusteella voidaan päätellä, että automaatio tulee vaikuttamaan eniten majoitus- ja ruokapalveluihin, valmistukseen, maatalouteen, kuljetus- ja varastointialoihin ja kaivostoimintaan. Automaation seurauksena työntekijät tulevat siirtymään toisenlaisiin työtehtäviin samoilta tai eri sektoreille. Automaatio tulee näkymään jokaisella sektorilla jossakin muodossa, mutta painottuu selvästi yllämainittuihin.

Manyikan ja muiden [2017b] mukaan automaatio lisää työvoiman kysyntää seuraavilla sektoreilla. Terveystieteiden kysyntä tulee kasvamaan lisääntyneen vaurauden ja ikääntymisen seurauksena. Ammattilaisten tarve tulee lisääntymään, koska jotkin työtehtävät vaativat akateemista koulutusta ja asiantuntemusta tietyiltä toimialoilta. Näihin kuuluvat kirjanpitäjät, insinöörit ja tutkijat. Teknologian ammattilaisille on jatkuvaa kysyntää, kun automaatiota otetaan yhä enemmän käyttöön, vaikka kokonaismäärät ovatkin melko pieniä muihin ammatteihin verrattuna. Ammatteihin luetaan tietotekniikan työntekijät, kuten tutkijat, web-kehittäjät ja elektroniikkateknikot. Kysyntä rakennusalaan tulee myös lisääntymään ja ammatteja kuten, arkkitehdit, maanmittaajat, kartografit, rakennusalan ammattilaiset, kunnossapidon- ja korjaamisentyöntekijät, sähköasentajat, puusepät ja putkimiehet tullaan tarvitsemaan. Vaikka suurin osa heidän työstä koostuu fyysisistä työtehtävistä, ovat heidän työt enimmäkseen arvaamattomia, eikä niitä ole mahdollista automatisoida. Johtajat ja avainhenkilöt leikkaavat kaikkia sektoreita, eikä heitä ole mahdollista korvata koneilla. Koulutuspalvelujen kysyntä tulee lisääntymään merkittävästi etenkin kasvavissa talouksissa, joissa on nuoria väestöryhmiä, kuten Intiassa. Taiteet, viihde ja vapaa-aika. Nousevat tulot kehittyvissä talouksissa luovat lisää kysyntää vapaa-aika- ja virkistystoiminnalle.



Kuva 1. Automaatio vaikuttaa eri sektoreihin eri tavalla. [Manyika *et al.* 2017a]

## 4.2 Automaation vaikutuksia työllisyyteen

Muro ja muut [2019] esittelevät viisi tapaa tutkia automaation ja ihmisen vuorovaikutusta, joiden avulla on mahdollista käsittää, miten automaatio vaikuttaa ja tulee mahdollisesti vaikuttamaan työllisyyteen tulevaisuudessa.

Työpaikkateknologian perustavoitteena on korvata työtehtävä laitteistolla. Jos laitteisto pystyy tekemään ihmisen tekemän työtehtävän, tulee se tekemään sen tarkemmin, nopeammin ja halvemmalla. Työtehtävän korvaamisella laitteistolla on myös rajoituksia sekä teknisiä että rahallisia, palkkojen tasosta riippuen. [Muro *et al.* 2019]

Työ muodostuu monesta eri työtehtävästä, joista osassa ihmiset ovat parempia ja osassa taas koneet. Edes kaikkein aggressiivisimmissä tekniikan kehitysskenaarioissa on epätodennäköistä, että koneet pystyisivät korvaamaan kaikki tehtävät yhdessä ammatissa. [Muro *et al.* 2019]

Yleensä minkä tahansa työpaikan toimintaa, jota automaatio ei vie, tulee se täydentämään, minkä seurauksena ihmisen tekemästä työstä tulee arvokkaampaa. Lisääntynyt tuottavuus johtaa yleensä palkkojen nousuun ja tällaiset tuottavuuden parannukset voivat johtaa talouden nousemiseen ja lisääntyneeseen vaurauteen, jolle on tarvetta yhteiskunnassa syntyvyyden vähentyessä. [Muro *et al.* 2019]

Työtehtävien automatisointi parantaa tuottavuutta ja vähentää tavaroiden ja palveluiden kustannuksia. Tämän seurauksena työllisyys voi lisääntyä näillä aloilla. Tämä johtuu siitä, että automaatiovetoiset kustannusten ja laadun parannukset voivat lisätä näiden tuotteiden ja palveluiden kysyntää siinä määrin, että on mahdollista korvata automaatiosta aiheutuvat työpaikkojen menetykset. Samoin automatisoinnin tuottamat tuottavuus- ja palkkavoitot voivat johtaa työntekijöiden käytettävissä olevien tulojen määrään, joka lisää kulutusta ja siten työllisyyttä muilla aloilla. [Muro *et al.* 2019]

Pääoman ja työvoiman lisäys kannustaa innovaatioon. Koneiden tehdessä rutiininomaiset ja aikaa vievät työtehtävät, ihmisten on mahdollista siirtyä luomaan uusia tuotteita tai tekemään uusia työtehtäviä. [Muro *et al.* 2019]

#### **4.3 Ennustuksia automaation vaikutuksesta**

Aikaisemmin automaatio on luonut enemmän työpaikkoja kuin mitä se on vienyt mennessä, mutta onko tilanne nyt toinen? Automaation vaikutusta työllisyyteen on mahdotonta ennustaa tarkasti, koska siihen vaikuttavat monet eri tekijät. Automaation vaikutuksesta työllisyyteen on tehty useita tutkimuksia, joiden tulokset ja ennustukset vaihtelevat huomattavasti. Yleisesti kuitenkin päädytään tulokseen, jossa automaatiolla on enemmän positiivisia vaikutuksia kuin negatiivisia. Seuraavaksi esittelen muutaman

ennustuksen siitä, miten automaatio voi mahdollisesti vaikuttaa työllisyyteen tulevaisuudessa.

Vermeulen ja muut [2018] toteavat, että on olemassa kirjallisuutta, jonka mukaan tuottavuutta parantavan teknologian käyttöönotto voi ylittää vauhdin, jolla ihmiskunta onnistuu löytämään uusia käyttötapoja työttömiksi jääville. Tämä voi aiheuttaa massatyöttömyyttä ja kasvavia tuloeroja. Tällaisilla seurauksilla automaation jatkuminen pitkällä tähtäimellä voisi olla taloudellisesti ja sosiaalisesti kestävä. Toisaalta on olemassa suuri määrä kirjallisuutta, jonka mukaan automaatio aiheuttaa joidenkin työpaikkojen menetyksen, mutta tekninen muutos luo myös kysyntää työvoimalle, lisääntyvää tuotekysyntää ja tarvetta uusille taidoille ja tuotteille.

Vermeulen ja muut [2018] esittelevät myös tutkimuksessaan kaksi eri skenaariota. Ensimmäisessä skenaariossa tuottavuutta parantava tekniikka johtaa korkeampaan tuottavuuteen, alhaisempiin hintoihin ja suurempaan kysyntään. Tämä lisää kysyntää työtehtävissä, joita ei voida automatisoida. Työvoimaa tarvitaan myös täydentäviin työtehtäviin kuten ohjaukseen, ohjelmointiin ja ylläpitoon. Kustannussäästöt ja lisävoitot voidaan sijoittaa uudelleen ja luoda näin ollen uusia työpaikkoja. Paikallinen kysyntä nousee tiettyjen ammattien kysyntää, kuten esimerkiksi lääkäreiden, hiusstylistien ja tarjoilijoiden. Tämän seurauksena työpaikkojen väheneminen tietyllä sektorilla johtaa uusien työpaikkojen syntymiseen muilla sektoreilla. Toisessa skenaariossa robotiikka ja tekoäly kehittyvät niin pitkälle, että kaikki työpaikat, myös uusille sektoreille luodut, otetaan pian teknologian haltuun ja automatisoidaan. Tähän skenaarioon päädytään, jos ihmisten kouluttautumis- ja uudelleenkouluttamisprosentti on alhaisempi kuin teknologisen kehityksen taso.

Manyikan ja muiden [2017b] julkaisemasta raportista käy ilmi, että vaikka suurin osa nykyisistä keskusteluista keskittyvät automaation aiheuttamaan massatyöttömyyteen, tulee maailmantalous kuitenkin tarvitsemaan paljon työvoimaa robottien lisäksi väestönikäntymisen seurauksena. Työntekijöistä voi olla jopa pulaa, jollei automaatiota oteta käyttöön laajasti. Työn luonne tulee muuttumaan, koska yksittäisiä prosesseja aletaan automatisoida ja ihmiset keskittyvät toisenlaisiin työtehtäviin. Työntekijöiden tulee omaksua koneet osana jokapäiväistä toimintaa ja hankittavia uusia taitoja, joille tulee olemaan kysyntää työmarkkinoilla automaation edetessä pidemmälle.



Rajnai ja Kocsis [2017] toteavat, että automaatio tulee luomaan ja muuttamaan työpaikkoja. Työpaikkoja tullaan myös menettämään tai ne siirtyvät toiseen paikkaan. On mahdotonta ennustaa, mitä tulevaisuudessa tulee tapahtumaan, mutta keskipalkkaiset työpaikat ovat suurimman riskin kohteena, vaikka automaatio tuleekin vaikuttamaan jokaiseen.

International Federation of Robotics [2017] kertoo raportissaan automaation ja robottien luomien huolien olevan perättömiä, koska tosiasiat eivät tue niitä. Tutkimuksien mukaan robotit täydentävät ihmisiä työtehtävissä, eivätkä vie työpaikkoja. Automaation käyttö johtaa korkeampiin palkkoihin uusissa työtehtävissä.

## **5 Yhteenveto**

Automaatio on pitkään käytössä ollut teknologia, jolla on ollut suuria vaikutuksia työllisyyteen ja ihmiskuntaan. Automaatio on ennenkin luonut huolia työpaikkojen häviämisestä ja työttömyydestä, mutta sen vaikutukset ovat kuitenkin olleet positiivisia pitkällä juoksulla ja automaatio on luonut enemmän työpaikkoja kuin mitä se on vienyt mennessään. Teknologian kehityksen seurauksena huolet automaation mahdollisista vaikutuksista työllisyyteen ovat kuitenkin jälleen nousseet ylös. Aiemmin pitkälti vain rutiininomaiset työtehtävät on ollut mahdollista automatisoida, mutta tekoälyn, robotiikan ja koneoppimisen kehittyessä pidemmälle, yhä useamman työtehtävän automatisointi on mahdollista. Automaatio ei tule enää rajoittumaan vain teollisuuteen, tuotantoon ja maatalouteen, vaan se on mahdollista ottaa käyttöön yhä useammalla sektorilla.

Automaatiota ja sen vaikutuksia työllisyyteen voidaan tarkastella monesta eri näkökulmasta, mutta suurimmassa osassa tutkimuksista automaatio nähdään apukeinona työntekemiseen ja sen uskotaan täydentävän ihmisiä työtehtävissä, eikä tuhoavan työpaikkoja. Automaatio tulee aiheuttamaan tiettyjen työpaikkojen menetyksen, mutta samalla luomaan uusia. On mahdotonta ennustaa tarkasti, mitä tulevaisuudessa tulee tapahtumaan, mutta on kuitenkin varmaa, että automaatiota tullaan hyödyntämään yhä useammassa työtehtävässä. Työn luonne tulee muuttumaan ja ihmisten täytyy olla valmiita kouluttautumaan ja adaptoitumaan automaatioon, koska kaikki työpaikat eivät tule pysymään samanlaisina ja automaatio tulee täydentämään niitä.

## Viiteluettelo

Amazon. (2019). Amazon Prime Air Drones. <https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?ie=UTF8&node=8037720011> Katsottu 30.10.2019.

Frey, C. B. & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerization? *Technological Forecasting and Social Change* vol. 114, sivut 254-280. doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019

Hamid, O. H., Smith, N. L., & Barzanji, A. (2017). Automation, per se, is not job elimination: How artificial intelligence forwards cooperative human-machine coexistence. *IEEE 15<sup>th</sup> International Conference on Industrial Informatics*. 24-26.7.2017 Emden, Saksa. doi:10.1109/INDIN.2017.8104891

International Federation of Robotics (2017). The impact of robots on productivity, employment and jobs. [https://ifr.org/img/office/IFR\\_The\\_Impact\\_of\\_Robots\\_on\\_Employment.pdf](https://ifr.org/img/office/IFR_The_Impact_of_Robots_on_Employment.pdf) Katsottu 30.10.2019.

Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K., Willmot, P., Dewhurst, M. (2017a). A future that works: automation, employment, and productivity. McKinsey Global Institute. <https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/featured%20insights/Digital%20Disruption/Harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/MGI-A-future-that-works-Executive-summary.ashx> Katsottu 30.10.2019.

Manyika, J., Lund, S., Chui, M., Bughin, J., Woetzel, J., Batra, P., Ko, R., Sanghvi, S. (2017b). Jobs lost, jobs gained: Workforce transitions in a time of automation. McKinsey Global Institute. <https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/featured%20insights/future%20of%20organizations/what%20the%20future%20of%20work%20will%20mean%20for%20jobs%20skills%20and%20wages/mgi-jobs-lost-jobs-gained-report-december-6-2017.ashx> Katsottu 30.10.2019.

Muro, M., Maxim, R., & Whiton, J. (2019). Automation and Artificial Intelligence: How Machines are Affecting People and Places. <http://hdl.handle.net/11540/9686> Katsottu 30.10.2019.

Oxford. (2019). Oxfordin sanakirja. <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/automation> Katsottu 30.10.2019.

Rajnai, Z., & Kocsis, I. (2017). Labor market risks of industry 4.0, digitization, robots and AI. *IEEE 15<sup>th</sup> International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY)*. 14-16.9.2017 Subotica, Saksa. doi:10.1109/SISY.2017.8080580

Siau, K., & Wang, W. (2019). Artificial intelligence, machine learning, automation, robotics, future of work and future of humanity: A review and research agenda. *Journal of Database Management* vol. 31, sivut 61-79. doi:10.4018/JDM.2019010104

Smith, N., Teerawanit, J., & Hamid, O. H. (2018). AI-driven automation in a human-centered cyber world. *2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*. 7-10.10.2019 Miyazaki, Japani. doi:10.1109/SMC.2018.00551

Vermeulen, B., Kesselhut, J., Pyka A., & Saviotti, P. P. (2018). The impact of automation on employment: Just the usual structural change? *Sustainability* vol. 10, sivut 1-27. doi:10.3390/su10051661